

NOx 処理では、処理効率を上げるために表面吸着剤を挟んだ放電による回収率の向上や、電極との間に水を介した放電による NOx のアンモニア固定など、多くのアイデアが試されている。またバイオ関連では、滅菌や DNA の塩基操作などへの応用が研究されている。この分野の最近の研究について簡単な紹介があった。

- (3)実験室宇宙プラズマ物理 高部(阪大):実験室宇宙プラズマ学の進展とその状況説明があった。レーザーを使った実験では無衝突ショックに関する実験を考えている。これは、超新星における衝撃波構造や自己磁場発生などの解明をめざすものである。さらに、実験室のプラズマで重要なのは磁気リコネクションに関する実験である。天体プラズマと実験室プラズマの交流はレーザーを使った高エネルギー密度プラズマが始まりとなるが、磁気流体現象まで含めると、将来的には低エネルギー密度磁化プラズマとの交流も可能であると考えている。

V. 核融合実験装置における発電実証プラントをめざしたプラズマ対向材料研究開発

座長: 上田良夫(阪大)

核融合炉の実現において、プラズマ対向材料開発は、ITER のミッション達成のみならず発電実証プラントを実現するためにも、最も重要な課題の一つである。また、プラズマ対向材料開発は、炉心プラズマの制御やブランケット・ダイバータの設計とも密接に関係しており、様々な分野の研究者が同じ問題意識を持ち、課題に取り組むことで初めて解決への道が開かれる。

本シンポジウムは、このような背景を視野に入れて、特に実験の磁場閉じこめ実験装置で今後どのような研究が可能か、さらに材料の基礎研究とどのように連携していく必要があるかを議論するために企画された。

まず、飛田(原子力機構)より、発電実証プラントでは ITER と比較して、炉心の発生エネルギーが大きいこと、使用材料が低放射化材料に限定されること、および年単位のイオンや中性子照射に曝されることなど、より対向材料に厳しい条件であることが指摘され、さらに熱流制御の考え方、プラズマ対向材料としての W の課題などについて説明があった。

続いて、坂本(九大)より、TRIAM-1M 装置での長時間放電実験の結果の紹介に続き、建設中の新装置 QUEST の仕様とプラズマ壁相互作用実験計画について説明があった。特に、QUEST は最高 500℃ の金属壁(タングステン)での実験に特徴がある。

次に、増崎(核融合研)より、LHD におけるプラズマ壁相互作用実験の計画について説明があり、試料搬送装置や不純物入射装置により多くの実験が可能であることが述べられた。LHD はトカマクと異なり大きなディスラプションがなく、電流駆動も必要ないため、長時間安定したプラズマ生成が可能である。

次に、櫻井(原子力機構)より、トカマク国内重点化装置(JT-60SA)の仕様と、プラズマ対向材料研究計画について説明があった。高 β のプラズマ生成や、高温・高密度の炉心プラズマ生成により、ITER 以外では最も原型炉に近い条件が達成できる。

総合討論では、大野(名大)より熱流制御の重要性や、プラズマ対向材料としてのタングステンと炭素について、さらなる研究の必要性などが述べられた。また、徳永(九大)は、実機装置での材料実験の重要性と、原型炉における材料の挙動予測をめざした研究の必要性を指摘した。さらに、中性子照射材の実機装置でのプ

ラズマ照射実験の必要性や、発電炉と現有装置や ITER との放電時間のギャップの大きさ(現有装置・ITER~最大数時間、発電炉~年)が指摘された。大変に有意義な議論ができたが、まだ十分に議論が尽くされたとは言えない。今後、いろいろな場で、より議論を深めていくことが必要である。

VI. ITER 燃焼プラズマへ向けたシミュレーション研究の課題と取り組みを考える

座長: 小関隆久(原子力機構)

本シンポジウムは、ITER による本格的な燃焼プラズマ実験を迎えて、ブローダ・アプローチ計算機シミュレーションセンターを見据えながら、核融合燃焼プラズマのシミュレーション研究の課題と取り組みについて議論する場として開催された。はじめに、小関(原子力機構)から EU および米国における ITER での燃焼プラズマ実験に向けたシミュレーションコード開発計画などの世界的動向を述べ、これらを背景として、広い時空間スケールを持つ自律性の高い燃焼プラズマの制御、核融合燃焼制御の課題について述べた。乱流のシミュレーションにおける構造形成や、総合的なプラズマシミュレーションには、物理モデルの統合が必要であることを述べた。

中島(核融合研)から、燃焼プラズマシミュレーションへ向けて、要素還元的単一階層シミュレーションを隣接階層へと拡張し段階的に多階層化を図る階層拡張モデルを述べ、現有装置の実験結果の解析を通して巨視的磁気面平均量の全時間および空間領域の挙動を解析する階層統合モデルから構成される階層繰り込みシミュレーションモデルを段階的に開発し、LHD-DD 実験の先行シミュレーション等を通して検証・改良し予測性を持つシミュレーションコードの開発をめざすことが述べられた。

福山(京大)から、燃焼プラズマ統合シミュレーションについて、その必要性と求められる内容を述べ、核燃焼プラズマ統合コード構想(BPSI)がめざしている統合コードのフレームワーク構築、新しい物理モデルの提案・実装・検証、計算手法の開発について説明された。統合モデリングコード TASK の現状を報告するとともに、物理モデル開発および計算環境の課題を示し、組織的な統合コード開発プロジェクトの必要性を述べた。ここで、燃焼プラズマの解明をめざして、国内研究課題の集約化が議論となった。

これらのシミュレーション研究に対して、国際トカマク物理活動(ITPA)の調整委員会委員である鎌田(原子力機構)から ITER での実験を見据えて、コード開発と同時に、ニーズに応じた成果を表に現すことの重要性を述べ、ITER の予測から実験の立案に移り変わっていく時代では、コードの利用頻度が高まることが想定され、機動性のあるコードを開発していくべきことが述べられた。

プラズマ・壁相互作用における最近のシミュレーション研究について、大宅(徳島大)からコメントがあった。ダイバータや第一壁への共堆積によるトリチウム蓄積と、プラズマ照射による対向壁(炭素、タングステン、ベリリウム)の材料混合についての研究課題について述べた。低エネルギー粒子・固体相互作用の分子動力学計算や、周辺プラズマシミュレーションとの統合などのコード開発とともに、基礎実験や実機実験との密接な連携研究によって、実機における損耗・再堆積現象の更なる理解とその詳細なモデル化が望まれる。しかしながら、プラズマ・壁相互作用のシミュレーションを行う国内研究者が少なく、今後の対応が議論となった。

最後に、まとめと問題提起を行った。燃焼プラズマ／高自律性プラズマには、アルファ加熱が主体になったプラズマの動的挙動や、アルファ粒子（アルファ加熱）が安定性、乱流、輸送、電流駆動に及ぼす影響など、興味深い物理課題が多く残されている。モデリング・統合化モデルへの取組みにおいては、タイムスケールが大きく異なる現象のモデリングが課題である。例えば、乱流シミュレーションと輸送シミュレーションの統合においては、単なるコードの統合化による巨大統合モデルが有用かをよく検討する必要がある。計算機資源は有限であり、大規模シミュレーションを行うには、課題の明確化が必要である。また、実験との関わり方も重要であり、研究の課題をそこに見いだすことによって、実験との相乗効果が期待できる。日本では、欧米に比べてシミュレーション研究者が少なく、人の輪を広げる仕組み、工夫、努力が必要であることが指摘された。

VII. レーザーアブレーションプラズマのつくる高温高压反応場とそれによる新材料創製・加工 座長：佐々木浩一（名大）

固体にレーザー光を照射すると、放電プラズマに比べて桁違いの高温・高圧力を有するレーザーアブレーションプラズマを容易に生成できる。このようにして得られる高温・高压環境は、新材料の創製および材料加工のための反応場として魅力があり、新しい応用を生み出す可能性がある。材料科学分野の研究者とプラズマ理工学分野の研究者との情報交換・相互交流を目的のひとつとして本シンポジウムを企画した。

まず、佐々木（名大）から、本シンポジウムの趣旨説明を兼ね、「レーザーアブレーションプラズマの作る高温高压反応場の重要性」と題する講演があった。

次に、西村（阪大）から、「レーザーアブレーションプラズマは材料プロセッシングにとってどのような状態か」と題する講演があり、極端紫外光源としてのレーザー生成プラズマ研究の現状に加え、基礎科学分野における Warm Dense Matter に関する研究の状況が紹介された。

作花（京大）は、「材料合成条件レーザーアブレーションプラズマの密度と温度」と題する講演で、水中で生成されたレーザーアブレーションプラズマが6000気圧の高圧力を有することを報告した。

佐々木（産総研）は、「液中レーザーアブレーションによる新規材料合成」と題する講演で、水中レーザーアブレーションにより高压相物質である β 相水酸化亜鉛の板状結晶が合成されたことなどを報告し、高压相材料の合成にレーザーアブレーションプラズマの高温・高压状態が寄与している可能性を指摘した。

最後に、佐藤（産総研）は、「レーザー誘起背面湿式加工法による透明材料の加工」と題する講演で、色素溶液中でのレーザーアブレーションによって生じる衝撃波を利用したユニークな材料加工技術について報告した。レーザーアブレーションプラズマを活用した材料プロセス研究に新しいパラダイムを創出するための契機として極めて有意義なシンポジウムであった。

VIII. カーボンプロセスにおけるプラズマ誘起サブサーフェス科学の新展開 座長：藤山 寛（長崎大院生産）

プラズマとカーボンの相互作用は古くて新しいテーマである。核融合炉壁材料へのプラズマ照射から最近のプラズマプロセスによるカーボン系ナノ材料の創製まで、応用としてはエネルギーか

らバイオまで幅広い分野に関係する。本シンポジウムでは、プラズマとカーボンの相互作用について、特にプラズマ誘起サブサーフェスでのプロセス研究の最近の進展と今後の課題について議論した。まず初めに、白谷（九大）がプラズマ誘起サブサーフェス研究の重要性について口火を切り、大野（名大）がダイバート板における高温プラズマ-カーボン相互作用について、加藤（東北大）がプラズマ物理を利用したオリジナリティあふれるカーボンナノチューブの創製について、平松（名城大）がカーボンナノウォールの合成とその応用について、平栗（東京電機大）がプラズマCVD技術で作成したダイヤモンドライクカーボン膜の医療応用について紹介した。最後に、浜口（阪大）が、固体サブサーフェスでのプラズマ反応シミュレーションを示しながら、全体をまとめてシンポジウムを終えた。プラズマ応用材料プロセスと核融合炉工学を繋ぐ共通課題と共通認識が得られたと思う。

IX. 高速プラズマ流が深く関与する諸現象シンポジウム

座長：犬竹正明（東北大）

本シンポジウムでは、多くの高速流関連分野の中から代表的な次の4つのテーマを取り上げた。

「1. 宇宙ジェットと高速回転流の謎」柴田（京大）・小出（熊本大）では、活動銀河核や近接連星系から噴出する相対論的ジェットや原始星からのジェットなどの観測結果の紹介。中心天体の脱出速度程度のジェット速度やジェットの収束と高速回転する降着円盤の謎についてMHD理論との比較が紹介された。ジェットの収束機構、相対論的加速とガンマ線バーストの機構などは理論的に未解明であることなどが紹介された。

「2. ダブルベルトラミ流と核融合プラズマ閉じ込めへの応用」吉田（東大）では、ダブルベルトラミ場に関する理論の紹介の後、磁場と流れのエネルギーが一定の結合条件を満たし、高ベータ核融合プラズマ閉じ込めへの応用の可能性があること、磁気圏型ダイポール磁場配位におけるダブルベルトラミ平衡の実験的検証を目指すRT-1装置が最近完成し、その初期プラズマ生成結果が紹介された。

「3. ホーキング輻射の謎と遷音速流による模擬実験」阪上・奥住（京大）では、ブラックホールにおける時空の地平線、ブラックホールがエネルギーを放射し蒸発するという驚くべきホーキング輻射の予言と観測不能な低温輻射について紹介の後、光速に近い速度で落下するブラックホール時空を遷音速流に置き換え、光を音に置き換えると、音のブラックホールのアナロジーが成り立つこと、ラバールノズルを用いた通常気体の遷音速流を用いて音のブラックホールの模擬実験が京大で進行中であることなどが紹介された。

「4. 磁気ノズルによる遷音速プラズマ流の生成と宇宙推進機への応用」犬竹（東北大）では、次世代宇宙推進機に重要な磁気ノズル中の遷音速プラズマ流生成とイオンの断熱指数の評価、磁気圧による加速と異常イオン加熱、マッハ数1の閉塞流の形成、ヘリカルリンク状の収束ジェットなどの実験結果、さらに、磁気ノズル中プラズマ流のベルヌーイ法則、ノズルを過ぎるイオン音波あるいはアルヴェン波のブラックホール模擬実験の可能性について紹介された。

これらの講演後、電磁加速プラズマと宇宙ジェットとの類似性など、宇宙物理、核融合、電気推進の各分野に共通する課題につい